

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

A. Kimura
Appn 09/161, 981
Filed 9/29/89
Q 51885
10f1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

APR 20 1999

出 願 年 月 日

Date of Application:

1997年9月29日

出 願 番 号

Application Number:

平成 9 年特許願第 2 6 4 2 2 5 号

出 願 人

Applicant (s):

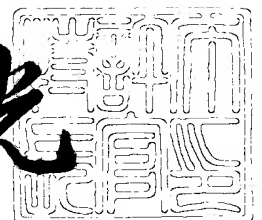
日本電気株式会社

1998年 4月10日

特 許 庁 長 官

Commissioner,
Patent Office

荒井 寿光



出証番号 出証特平 10-3025528

【書類名】 特許願

【整理番号】 33409418

【提出日】 平成 9年 9月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明の名称】 選択成長法を用いた半導体層及びその成長方法、選択成長法を用いた窒化物系半導体層及びその成長方法、窒化物系半導体発光素子とその製造方法

【請求項の数】 18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

【氏名】 木村 明隆

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代表者】 金子 尚志

【代理人】

【識別番号】 100082935

【弁理士】

【氏名又は名称】 京本 直樹

【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100082924

【弁理士】

【氏名又は名称】 福田 修一

【電話番号】 03-3454-1111

【選任した代理人】

【識別番号】 100085268

【弁理士】

【氏名又は名称】 河合 信明

【電話番号】 03-3454-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008279

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9115699

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 選択成長法を用いた半導体層及びその成長方法、選択成長法を用いた窒化物系半導体層及びその成長方法、窒化物系半導体発光素子とその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第2導電型半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする半導体層の成長方法。

【請求項2】

窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第2導電型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする窒化物系半導体層の成長方法。

【請求項3】

窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有することを特徴とする窒化物系半導体層の成長方法。

【請求項4】

窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料が窒化硅素であることを特徴とする窒化物系半導体層の成長方法。

【請求項5】

半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする選択成長法による半導体層。

【請求項6】

窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする選択成長法による窒化物系半導体層。

【請求項7】

窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長するp型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有することを特徴とする選択成長法による窒化物系半導体層。

【請求項8】

窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長するp型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料が窒化珪素であることを特徴とする選択成長法による窒化物系半導体層。

【請求項9】

窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長させることにより、電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成することを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項10】

基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活

性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第2導電型半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に形成する工程とを有することを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項11】

基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成する工程を有することを特徴とする窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項12】

前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素であることを特徴とする請求項9又は10又は11記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項13】

前記マスクの被覆率が50%以下であることを特徴とする請求項9又は10又は11又は12記載の窒化物系半導体発光素子の製造方法。

【請求項14】

窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を有することを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項15】

基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第

2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に選択的に結晶成長した第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層とが順次形成されていることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項16】

基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方とを有することを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項17】

前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素であることを特徴とする請求項14又は15又は16記載の窒化物系半導体発光素子。

【請求項18】

前記マスクの被覆率が50%以下であることを特徴とする請求項14又は15又は16又は17記載の窒化物系半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は選択成長を用いた半導体層及びその成長方法に関し、特に選択成長用マスク材料の混入のない半導体層及びその成長方法に関する。

【0002】

また選択成長を用いた半導体層及びその成長方法に関し、特に選択成長用マスク材料の混入のない窒化物系半導体層及びその成長方法に関する。

【0003】

また、選択成長法を用いた窒化物系半導体発光素子及びその製造方法に関し、特に選択成長用マスクの開口部の広がりがなく、選択成長層にマスク材料の混入のない窒化物系半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0004】

【従来の技術】

窒化ガリウムは、燐化インジウムや砒化ガリウムなどの他の化合物半導体に比べ、禁制帯エネルギーが3.4 eVと大きい。そのため、窒素を構成元素として有する半導体（以下窒化物系半導体）を用いた、緑から紫外の比較的短い波長で発光する素子（以下窒化物系半導体発光素子）、例えば発光ダイオード（以下窒化物系発光ダイオード）や半導体レーザ（以下窒化物系半導体レーザ）が実現されている。窒化物系半導体は形成方法により主に六方晶と立方晶の2種類の結晶構造をとり得るが、通常六方晶の方がエネルギー的に安定である。

【0005】

《従来例1》

図6は、従来の製造方法により製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である（S. Nakamura et al., Extended Abstracts of 1996 International Conference on Solid State Devices and Materials, Yokohama, 1996, pp.67-69）。

【0006】

図6に於いて、この窒化物系半導体レーザは、(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25Åのアンドープの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ50Åのアンドープの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmの

p型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ $0.4\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ $0.2\mu\text{m}$ のp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。

【0007】

図6に示された従来の窒化物系半導体レーザの半導体層は全て（0001）面を表面とする六方晶である。図6に示された従来の窒化物系半導体レーザに於いては、結晶成長によって平坦なサファイア基板201上に全ての半導体層が形成されている。

【0008】

《従来例2》

図7は、従来の製造方法により製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である（S. Nakamura et al., Appl. Phys. Lett. 69(1996) 1477）。図7に於いて、（11-20）面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ 300\AA のアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ $3\mu\text{m}$ のn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ $0.1\mu\text{m}$ のn型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、珪素が添加された厚さ $0.5\mu\text{m}$ のn型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層605、珪素が添加された厚さ $0.1\mu\text{m}$ のn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ 30\AA のアンドープの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ 60\AA のアンドープの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層707、マグネシウムが添加された厚さ 200\AA のp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ $0.1\mu\text{m}$ のp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ $0.5\mu\text{m}$ のp型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層710、マグネシウムが添加された厚さ $0.2\mu\text{m}$ のp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113、酸化珪素膜215が形成されている。

【0009】

図7に示された、従来の窒化物系半導体レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶である。図7に示された従来の窒化物系半導体レーザに於いては、結晶成長によって平坦なサファイア基板201上に一旦全ての半導体層が形成された後に、リッジ構造を形成するためにその一部がドライエッチングされていた。

【0010】

《従来例3》

図8は、従来の製造方法により製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である(特願平08-343125号)。図8に示された従来の窒化物系半導体レーザの構造について説明する。(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25Åのアンドープの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ50Åのアンドープの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウム層214、厚さ2000Åの酸化珪素膜215、マグネシウムが添加された厚さ1.0μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル(第1層)および金(第2層)からなるp電極112、チタン(第1層)およびアルミニウム(第2層)からなるn電極113が形成されている。図8に示された、従来の窒化物系半導体レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶である。

【0011】

図8に示された従来の窒化物系半導体レーザの製造方法について説明する。まず、有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板201上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、n型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、p型窒化ガリウム層214を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の $[1-100]$ 方向に、熱化学気相堆積法により幅 $5\mu\text{m}$ のストライプ状の開口部を持つ酸化珪素膜215を形成した。しかる後に、V原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部にのみ、基板温度 1050°C で、選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成した。図9はここまでの工程終了後の概略断面図である。前記酸化珪素膜215には、 $900\mu\text{m}$ 間隔で幅 $5\mu\text{m}$ のストライプ状の開口部を形成した。

【0012】

図6に示された従来例1の窒化物系半導体レーザは、電流狭窄構造および基板と水平な方向の光閉じ込め構造を有していないために、発振しきい値電流が大きいという問題があった。

【0013】

図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザは、リッジ構造によって電流狭窄および基板と水平な方向の光閉じ込めを行なっている。このため、図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザは、図6に示された従来例1の窒化物系半導体レーザに比べ、発振しきい値電流が小さいという利点があった。しかし、前記リッジ構造はドライエッチングにより形成されている。これにより、図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザは、半導体レーザ表面に形成されたp電極とp型窒化ガリウムコンタクト層111と間の接触面積が小さいため、p電極の接触抵抗が大きく、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層111の面積が小さいため、p型窒化ガリウムコンタクト層111のバルク抵抗が大きいという問

題があった。また、一般に、ドライエッチングに関しては、エッチングレートの制御性が悪く、かつ、半導体層に損傷を与えやすい等の問題がある。

【0014】

図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザは、リッジ構造によって電流狭窄および基板と水平な方向の光閉じ込めを行なっている。このため、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザは、図6に示された従来例1の窒化物系半導体レーザに比べ、発振しきい値電流が小さいという利点があった。その上、前記リッジ構造は、選択成長法により、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の $[1-100]$ 方向に平行に形成されている。

【0015】

これにより、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザは、図7に示された従来例2の窒化物系半導体レーザに比べ、半導体レーザ表面に形成されたp電極とp型窒化ガリウムコンタクト層111と間の接触面積が大きいため、p電極の接触抵抗が小さく、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層111の面積が大きいため、p型窒化ガリウムコンタクト層111のバルク抵抗が小さいという利点があった。また、一般に、選択成長法に関しては、成長速度の制御性がドライエッチングのエッチングレートの制御性に比べ優れており、かつ、半導体層に損傷を与えることもない、という利点がある。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、一般に、有機金属化学気相成長法により窒化物系半導体を形成する場合には、他の化合物半導体を形成する場合に比べ、基板を高温に加熱する必要がある。このため、図8に示された従来例3の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いても、マスクの開口部にのみ選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する工程を含め、窒化ガリウム低温成長バッファ層102を形成する工程を除き、構成元素としてインジウムを有しない半導体層の結晶成長工程の全てで基板を 1050°C に加熱している。一方、熱化学気相堆積法により形成された酸化珪素膜は 800°C 程度以上の温度で部分的な分解を開始する。このため、p型

窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 の形成中に、酸化珪素膜 2 1 5 が後退し、開口部が広がってしまい、選択成長層の幅を所望の幅に制御するのが難しいという問題があった。

【0017】

さらに、酸化珪素膜 2 1 5 の分解に起因する珪素が、p 型窒化ガリウム層 2 1 4 と p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 との間の再成長界面に堆積し、かつ、p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 に取り込まれるという問題があった。これにより、p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 に多くの結晶欠陥が生じ、かつ、珪素が窒化物系半導体にとって n 型の不純物であるため、選択成長により素子を形成した場合に電流電圧特性が悪化するという問題があった。

【0018】

さらに、図 8 に示された従来例 3 の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いては、酸化珪素膜 2 1 5 の被覆率が 99% と極めて高いため、前記酸化珪素膜 2 1 5 をマスクとした選択成長法により p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 を形成する際に、p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 の成長速度が極端に速く、p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 の厚さの制御性が悪く、かつ、p 型窒化ガリウムコンタクト層 1 1 1 に結晶欠陥が多いという問題があった。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体層の成長方法は、半導体層を第 1 導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第 2 導電型半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

【0020】

本発明の窒化物系半導体層の成長方法は、窒化物系半導体層を第 1 導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数の第 2 導電型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料の構成

元素の一部と前記窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

【0021】

本発明の窒化物系半導体層の成長方法は、窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有することを特徴とする。

【0022】

本発明の窒化物系半導体層の成長方法は、窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に一または複数のp型窒化物系半導体層を成長させる選択成長法であって、前記マスク材料が窒化硅素であることを特徴とする。

【0023】

本発明の選択成長法による半導体層は、半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

【0024】

本発明の選択成長法による窒化物系半導体層は、窒化物系半導体層を第1導電型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する第2導電型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料の構成元素の一部と前記第2導電型窒化物系半導体層の構成元素の一部とが同じであることを特徴とする。

【0025】

本発明の選択成長法による窒化物系半導体層は、窒化物系半導体層をn型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料

が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する p 型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料は窒素を構成元素として有することを特徴とする。

【0026】

本発明の選択成長法による窒化物系半導体層は、窒化物系半導体層を n 型にする元素を含む材料を用いて開口部を有するマスクを形成した後、前記マスク材料が分解する温度より高い成長温度で前記開口部に選択的に成長する p 型窒化物系半導体層であって、前記マスク材料が窒化珪素であることを特徴とする。

【0027】

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長させることにより、電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成することを特徴とする。

【0028】

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、基板上に第 1 導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第 2 導電型半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記マスクの開口部に第 2 導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に形成する工程とを有することを特徴とする。

【0029】

本発明の窒化物系半導体発光素子の製造方法は、基板上に第 1 導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の層、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層、第 2 導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を形成する工程と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成する工程と、前記マスクの開口部に第 2 導電型窒化物系半導体層を少なくとも含み一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め

構造またはその双方を形成する工程を有することを特徴とする。

【0030】

また前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素であることを特徴とする。
さらに前記マスクの被覆率が50%以下であることを特徴とする。

【0031】

本発明の窒化物系半導体発光素子は、窒素を構成元素として含む材料をマスクとして用い、一または複数の窒化物系半導体層を前記マスクの開口部に選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を有することを特徴とする。

【0032】

本発明の窒化物系半導体発光素子は、基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に選択的に結晶成長した第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層とが順次形成されていることを特徴とする。

【0033】

本発明の窒化物系半導体発光素子は、基板上に第1導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、活性層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層と、窒素を構成元素として含む材料によりストライプ状の開口部を有するマスクを形成し前記マスクの開口部に第2導電型窒化物系半導体層を少なくとも含む一または複数の窒化物系半導体層を選択的に結晶成長し形成した電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方とを有することを特徴とする。

【0034】

また前記窒素を構成元素として含む材料は窒化珪素であることを特徴とする。
さらに前記マスクの被覆率が50%以下であることを特徴とする。

【0035】

特に、前記マスクを表面に形成する半導体の結晶構造が六方晶であって、かつ、その表面が(0001)面または(000 $\bar{1}$)面となす角が10°以内である面であって、かつ、前記マスクのストライプ方向を半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向となす角が10°以内である方向に形成することが好ましい。

【0036】

さらに、前記第1導電型がn型であって、前記第2導電型がp型であることが好ましい。また前記窒素を構成元素として有する半導体層が、一般式 $\text{In}_x \text{Al}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)で表されることを特徴とする。また前記窒素を構成元素として有する半導体層が、一般式 $\text{In}_x \text{Al}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)で表されることを特徴とする。

【0037】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について、実施例に基づき図面を参照して詳しく説明する。

【0038】

《実施例1》

本発明の一実施例である実施例1では、窒化珪素膜をマスクとした選択成長法により、窒化物系半導体レーザのリッジ構造を形成した。

【0039】

図1は、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの構造について説明する。(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンダーの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、珪素が添加された厚さ0

・ $1\ \mu\text{m}$ の n 型窒化ガリウム光ガイド層 106、厚さ $25\ \text{\AA}$ のアンドープの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ $50\ \text{\AA}$ のアンドープの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる 7 周期の多重量子井戸構造活性層 107、マグネシウムが添加された厚さ $200\ \text{\AA}$ の p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層 108、マグネシウムが添加された厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ の p 型窒化ガリウム光ガイド層 109、マグネシウムが添加された厚さ $0.4\ \mu\text{m}$ の p 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層 110、マグネシウムが添加された厚さ $0.2\ \mu\text{m}$ の p 型窒化ガリウム層 214、厚さ $3000\ \text{\AA}$ の酸化珪素膜 215、マグネシウムが添加された厚さ $1.0\ \mu\text{m}$ の p 型窒化ガリウムコンタクト層 111、ニッケル（第 1 層）および金（第 2 層）からなる p 電極 112、チタン（第 1 層）およびアルミニウム（第 2 層）からなる n 電極 113 が形成されている。図 1 に示された実施例 1 の窒化物系半導体レーザの窒化物系半導体層は全て $(0\ 0\ 0\ 1)$ 面を表面とする六方晶である。

【0040】

次に図 2 を用いて、図 1 に示された実施例 1 の窒化物系半導体レーザの製造方法について説明する。図 2 は、実施例 1 の窒化物系半導体レーザの製造工程の一部を抜き出した概略断面図である。まず、V 族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板 201 上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層 102、 n 型窒化ガリウムコンタクト層 103、 n 型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層 104、 n 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層 105、 n 型窒化ガリウム光ガイド層 106、多重量子井戸構造活性層 107、 p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層 108、 p 型窒化ガリウム光ガイド層 109、 p 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層 110、 p 型窒化ガリウム層 214 を順次形成した後に、 n 型窒化ガリウムコンタクト層 103 或いは p 型窒化ガリウム層 214 の結晶の $[1\ -1\ 0\ 0]$ 方向に、プラズマ化学気相堆積法により $900\ \mu\text{m}$ 間隔で幅 $5\ \mu\text{m}$ のストライプ状の開口部を持つ窒化珪素膜 216 を形成する。

【0041】

通常、窒化珪素膜を形成する場合、原料としてシラン (SiH_4) とアンモ

ニア (NH_3) を用いる。アンモニア (NH_3) を熱により分解するには 1000°C 程度以上の高温が必要であり、このような高温で成膜を制御するのは容易ではない。このため、実施例 1 では、窒化珪素膜を形成する際に、成膜時の基板温度は $200 \sim 250^\circ\text{C}$ 程度の比較的低温に抑え、代わり高周波により発生させたプラズマを用いてアンモニア (NH_3) を分解するプラズマ化学気相堆積法を用いている。

【0042】

しかる後に、V 族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、窒化珪素膜 216 をマスクとして、その開口部にのみ、基板温度 1050°C で、選択的に p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 を形成する。図 2 はここまでの工程終了後の概略断面図である。

【0043】

ここで、実施例 1 に於いて、窒化珪素膜 216 のマスクの開口部が広がることなく、選択成長した p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 に多くの結晶欠陥が生じず、かつ、素子の電流電圧特性が悪化しない理由を説明する。通常、プラズマ化学気相堆積法により形成された窒化珪素膜も、熱化学気相堆積法により形成された酸化珪素膜と同様に、 800°C 程度以上の温度で部分的な分解を開始する。しかし、図 1 に示された実施例 1 の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いては、窒化珪素膜 216 をマスクとした選択成長法により p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 を形成する際に、p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 の V 族原料としてアンモニア (NH_3) を供給しているので、 1000°C 程度以上のアンモニア (NH_3) 雰囲気中で、アンモニア (NH_3) が分解して気相中の窒素分圧がある程度以上存在する。したがって、窒化珪素 (SiN) 膜からの N の脱離と窒化珪素 (SiN) 膜への N の吸着が平衡状態となり、 1050°C という高い基板温度で p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 を形成しているにも関わらず、窒化珪素膜 216 の分解が抑制される。このため、p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 の形成中に、窒化珪素膜 216 が後退し開口部が広がることが抑制される。

【0044】

よって窒化珪素膜 216 の分解に起因する珪素が、p 型窒化ガリウム層 214 と p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 との間の再成長界面に堆積し、p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 に取り込まれることもない。

【0045】

図 5 に実施例 1 の製造方法により製造された図 1 に示す窒化物系半導体レーザの二次イオン質量分光分析結果を示す。実施例 1 では、再成長界面に珪素の堆積は見られない。したがって、p 型窒化ガリウムコンタクト層 111 に多くの結晶欠陥が生じることもなく、かつ、素子の電流電圧特性が悪化することもない。

【0046】

《実施例 2》

本発明の一実施例である実施例 2 では、被覆率の小さな窒化珪素膜をマスクとした選択成長法により、窒化物系半導体レーザのリッジ構造を形成した。

【0047】

図 3 は、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。図 3 に示された実施例 2 の窒化物系半導体レーザの構造について説明する。(11-20) 面を表面とするサファイア基板 201 上に、厚さ 300 Å のアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層 102、珪素が添加された厚さ 3 μm の n 型窒化ガリウムコンタクト層 103、珪素が添加された厚さ 0.1 μm の n 型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層 104、珪素が添加された厚さ 0.4 μm の n 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層 105、珪素が添加された厚さ 0.1 μm の n 型窒化ガリウム光ガイド層 106、厚さ 25 Å のアンドープの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ 50 Å のアンドープの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる 7 周期の多重量子井戸構造活性層 107、マグネシウムが添加された厚さ 200 Å の p 型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層 108、マグネシウムが添加された厚さ 0.1 μm の p 型窒化ガリウム光ガイド層 109、マグネシウムが添加された厚さ 0.4 μm の p 型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層 110、マグネシウムが添加された厚さ 0.2 μm の p 型窒化ガリウム層 214、厚さ 2000 Å の窒化珪素膜 216、マグネシウムが添加された厚さ 1.0 μm の p 型窒化ガリウムコンタクト層 111、マグネシウムが添加された厚さ 1.0

μm のp型窒化ガリウム層116、厚さ2000Åの酸化珪素膜215、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。図3に示された、本発明の一実施例である窒化物系半導体レーザの半導体層は全て（0001）面を表面とする六方晶である。

【0048】

次に図4を用いて、図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザの製造方法について説明する。図4は、実施例2の窒化物系半導体レーザの製造工程の一部を抜き出した概略断面図である。まず、V族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板201上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、n型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、p型窒化ガリウム層214を順次形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の $[1-100]$ 方向に、プラズマ化学気相堆積法により900 μm 間隔で幅5 μm のストライプ状の開口部を形成すると同時に、幅5 μm のストライプ状の開口部と開口部の間にダミーの幅875 μm 持つ窒化珪素膜216を形成した。

【0049】

実施例2では、窒化珪素膜を形成する際に、成膜時の基板温度は200～250℃程度の比較的低温に抑え、代わり高周波により発生させたプラズマを用いてアンモニア（ NH_3 ）を分解するプラズマ化学気相堆積法を用いている。

【0050】

しかる後に、V族原料としてアンモニアを用いた有機金属化学気相成長法により、前記窒化珪素膜216をマスクとして、その開口部にのみ、基板温度1050℃で、選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111およびダミーのp型窒化ガリウム層116を形成した。図4はここまでの工程終了後の概略断面図である

【0051】

窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、窒化珪素膜216の被覆率を下げるために形成したダミーの幅875 μ mのストライプ状の開口部にも、ダミーのp型窒化ガリウム層116が形成される。そこで、電流が前記ダミーのp型窒化ガリウム層116を流れないように、ダミーのp型窒化ガリウム層116を絶縁体膜で覆う必要がある。

【0052】

図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザに於いては、絶縁体膜として酸化珪素膜215が用いられている。この場合、酸化珪素膜215には、p型窒化ガリウムコンタクト層111の上部にのみ、p電極112をp型窒化ガリウムコンタクト層111に接触させるための開口部を設けることになる。酸化珪素は弗酸をエッチング液としたウェットエッチングにより容易に除去出来るが、その際に、選択成長マスク216を同時に除去してしまわないように注意しなければならない。一般に、プラズマ化学気相堆積法により形成された窒化珪素膜は、熱化学気相堆積法により形成された酸化珪素膜に比べ、弗酸によるウェットエッチングレートが遅いため、選択成長マスク216として窒化珪素を用いた場合、酸化珪素膜215に開口部を設ける工程が容易であるという利点もある。

【0053】

ここで、実施例2に於いて、窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層111の成長速度が極端に速いということがなく、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚さの制御性が良く、p型窒化ガリウムコンタクト層111に結晶欠陥が少ない理由を説明する。

【0054】

選択成長法では、半導体層の一部がマスクにより被われている、試料表面に供給された原料のうち、マスク上に飛来した原料は、マスク上マイグレーションかつ／または気相中拡散により、マスク開口部に移動する。このため、選択成長で

は、同じ成長条件で行なったマスクなしの平坦成長に比べ、マスク開口部への原料の供給量が多く、その結果、成長速度が速くなる。この成長速度の増加は、マスクパターンなしの平坦成長に対し被覆率の逆数倍程度となり、マスクの被覆率が高い場合は、成長速度が極端に速くなる。

【0055】

図3に示された実施例2の窒化物系半導体レーザの製造方法に於いては、窒化珪素膜216の被覆率が2%と極めて低いため、図1に示された実施例1の窒化物系半導体レーザの製造方法と異なり、窒化珪素膜216をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層111の成長速度が極端に速くなるということがなく、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚さの制御性が良く、p型窒化ガリウムコンタクト層111に結晶欠陥が少なくなる。

【0056】

以上のように、本実施例に於いては、リッジ構造によって電流狭窄および基板と水平な方向の光閉じ込めを行なっているため、発振しきい値電流を小さくできる。その上、リッジ構造は、選択成長法により、n型窒化ガリウムコンタクト層ないしp型窒化ガリウム層の結晶の $[1 \ -1 \ 0 \ 0]$ 方向に平行に形成されている。これにより、半導体レーザ表面に形成されたp電極とp型窒化ガリウムコンタクト層と間の接触面積が大きいため、p電極の接触抵抗が小さく、かつ、p型窒化ガリウムコンタクト層の面積が大きいため、p型窒化ガリウムコンタクト層のバルク抵抗を小さくできる。また、電流狭窄構造および基板と水平な方向の光閉じ込め構造を形成するためのドライエッチングが不要となる。さらに、このような利点に加え、窒化珪素膜のマスクの開口部が広がることなく、選択成長したp型窒化ガリウムコンタクト層に多くの結晶欠陥が生じず、かつ、素子の電流電圧特性が悪化することがないという利点がある。

【0057】

また実施例2に於いては、窒化珪素膜をマスクとした選択成長法によりp型窒化ガリウムコンタクト層を形成する際に、p型窒化ガリウムコンタクト層の成長速度が極端に速いということがなく、p型窒化ガリウムコンタクト層111の厚

さの制御性が良く、p型窒化ガリウムコンタクト層の結晶欠陥が少ないという実施例1にない利点もある。

【0058】

《実施例の変形》

上記の実施例1、実施例2の窒化物系半導体レーザの変形例について説明する。

【0059】

窒化物系半導体レーザの構造について、本実施例に示された構造の窒化物系半導体レーザにのみ限られるものではなく、各層の層厚や各層の組成や各層のドーピング濃度や電極材料やマスク材料やドライエッチング深さやストライプ幅等の様々な組み合わせの窒化物系半導体レーザに於いて支障なく実施することが出来る。また選択成長法を用いたリッジ構造を有する窒化物系半導体レーザおよびその製造方法について述べたが、これに限られるものではなく、選択成長法を用いて電流狭窄構造または基板と水平な方向の光の閉じ込め構造またはその双方を形成するあらゆる窒化物系半導体レーザおよびその製造方法に於いて、本発明は有効である。

【0060】

光導波路の方向について、本実施例に於いては、光導波路が半導体結晶の $[1-100]$ 方向に形成されているが、光導波路は半導体結晶の $[1-100]$ 方向または $[1-100]$ 方向と 10° 以内の角をなす方向に形成されていれば、本発明の実施に支障はない。さらに、光導波路を半導体結晶の $[1-100]$ 方向と 10° 以上の角をなす方向に形成した場合に於いても、p電極112の接触面積が減ること以外には、本発明の実施に支障はない。

【0061】

窒化物系半導体層を成長する基板について、本実施例に於いては、いずれも (0001) 面を表面とするサファイア基板上に形成されているが、 $(11-20)$ 面を表面とするサファイア基板上あるいは (0001) 面および $(11-20)$ 面以外の面を表面とするサファイア基板に形成してもよく、例えば炭化珪素基板あるいは $MgAl_2O_4$ 基板あるいは窒化ガリウム基板といった他の基板上

に形成した場合も、本発明の実施に支障はない。

【0062】

窒化物系半導体層の表面について、本実施例に於いては、いずれも、窒化物半導体層の表面は(0001)面であるが、窒化物半導体層の表面は(0001)面または(0001)面とのなす角が 10° 以内である面であれば、本発明の実施に支障はない。

【0063】

選択成長用マスクについて、本実施例に於いては、選択成長用マスクとして窒化珪素膜を用いているが、窒素を構成元素として有する他の膜、例えば SiN_0 膜等を選択成長用マスクとして用いた場合にも、本発明は有効である。但し、例えば SiN_0 膜等を選択成長用マスクとして用いた場合、高い基板温度で選択成長を行なう際に、V族原料としてアンモニアを供給したとしても、選択成長用マスクの分解を十分に抑制することが出来ない怖れがある。よって、本発明に於いては、窒化珪素膜を選択成長用マスクとして用いることが最も望ましい。

【0064】

被覆率について、実施例2に於いては、選択成長用マスクである窒化珪素膜216の被覆率は2%であった。しかし、選択成長用マスクの被覆率が50%以下であれば有効である。何故なら、被覆率50%の範囲内であれば、選択成長法により形成された半導体層の厚さは十分に制御可能であり、窒化物系半導体層に導入される結晶欠陥も少ないためである。但し、選択成長用マスクの被覆率が低いほど選択成長により形成された半導体層の厚さの制御性は良く、かつ、窒化物系半導体層に導入される結晶欠陥も少ないため、選択成長用マスクの被覆率は素子構造の許す範囲内で可能な限り低いことが望ましい。

【0065】

窒化物系半導体層の混晶について、本実施例に於いては、全ての窒化物系半導体層が一般式 $\text{In}_x \text{Al}_y \text{Ga}_{1-x-y} \text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)で表される材料について述べたが、例えば一般式 $\text{Ga}_x \text{In}_{1-x} \text{N}_y \text{As}_{1-y}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$)で表される窒化物系半導体層等の材料が選択成長法により形成する場合についても、本発明は有効である。但し、例えば

$Ga_x In_{1-x} N_y As_{1-y}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 層を選択成長法により形成する場合には、砒素と窒素の所望の組成比等からアンモニアの供給量が決まるため、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$) 層を選択成長法により形成する場合に比べ、アンモニアの供給量が少ない。このため、高い基板温度で選択成長を行なった際に、窒素を構成元素として有する選択成長用マスクの分解を十分に抑制出来ない怖れがある。よって、本発明は、窒素のみをV族構成元素として有する半導体層、例えば $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$) 層等を選択成長法により形成する場合に於いて、最も有効である。

【0066】

窒化物系半導体レーザにおける各層の導電型について、本実施例に於いては、結晶成長により形成される窒化物系半導体層の基板側がn型であり、かつ、表面側がp型である窒化物系半導体レーザおよびその製造方法について述べたが、基板側がp型であり、かつ、表面側がn型である場合に於いても、本発明は有効である。但し、p型の窒化物系半導体の抵抗率は $1 \Omega \cdot cm$ 程度と比較的高いため、サファイア等の導電性のない基板を用いる場合には、素子抵抗低減のために、結晶成長により形成される半導体層の基板側をn型とし、かつ、表面側がp型とする方が望ましい。

【0067】

窒化珪素膜の堆積法について、本実施例に於いては、プラズマ化学気相堆積法で窒化珪素膜を形成したが、比較的低温で分解するヒドラジン ($N_2 H_4$)・ジメチルヒドラジン ($(N_2 H_2 (CH_3)_2)$) 等の他の窒素原料を用いれば、プラズマ化学気相堆積法でなくともよい。

【0068】

窒化物系半導体層以外の選択成長層について、本実施例においては、窒化物系半導体層の選択成長の場合について説明したが、これに限られるものではなく、選択成長法を用いて成長する層を構成する元素と選択成長用のマスクを構成する元素とに共通な元素があればよく、望ましくは実施例1、2に示したSiNのように選択成長用マスクの材料が選択成長層と共通な元素と他の1つの元素の方が

よい。

【0069】

本発明を用いた他の素子について、本実施例においては、窒化物系半導体レーザ及びその製造方法について説明したが、これに限られるものではなく選択成長法を用いて製造する素子であれば適用可能であり、例えば発光ダイオード、面発光素子等の製造方法にも利用できる。

【0070】

【発明の効果】

本発明の製造方法によれば、マスクの開口部にのみ選択的成長する層の成長温度が、一般的に選択成長用マスクを部分的に分解するような温度となる場合でも、マスクの開口部は広がることはない。

【0071】

したがって選択成長用マスクの分解に起因する元素が選択成長する層の再成長界面に堆積することや選択成長する層に取り込まれることを防止できるので、選択成長する層には多くの結晶欠陥は生じず、かつ、製造された素子は良好な電流電圧特性が得られる。

【0072】

さらに、選択成長法により層を形成する際に、成長速度が極端に速くなるということがなく、選択成長する層の厚さの制御性が良く、結晶欠陥も少くできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1に示された、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

【図2】

実施例1に示された窒化物系半導体レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図3】

実施例2に示された、本発明の製造方法を用いて製造された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

【図4】

実施例2に示された窒化物系半導体レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図5】

実施例1に示された窒化物系半導体レーザの二次イオン質量分光分析結果を示すグラフである。

【図6】

従来例1に示された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

【図7】

従来例2に示された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

【図8】

従来例3に示された窒化物系半導体レーザの概略断面図である。

【図9】

従来例3に示された窒化物系半導体レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

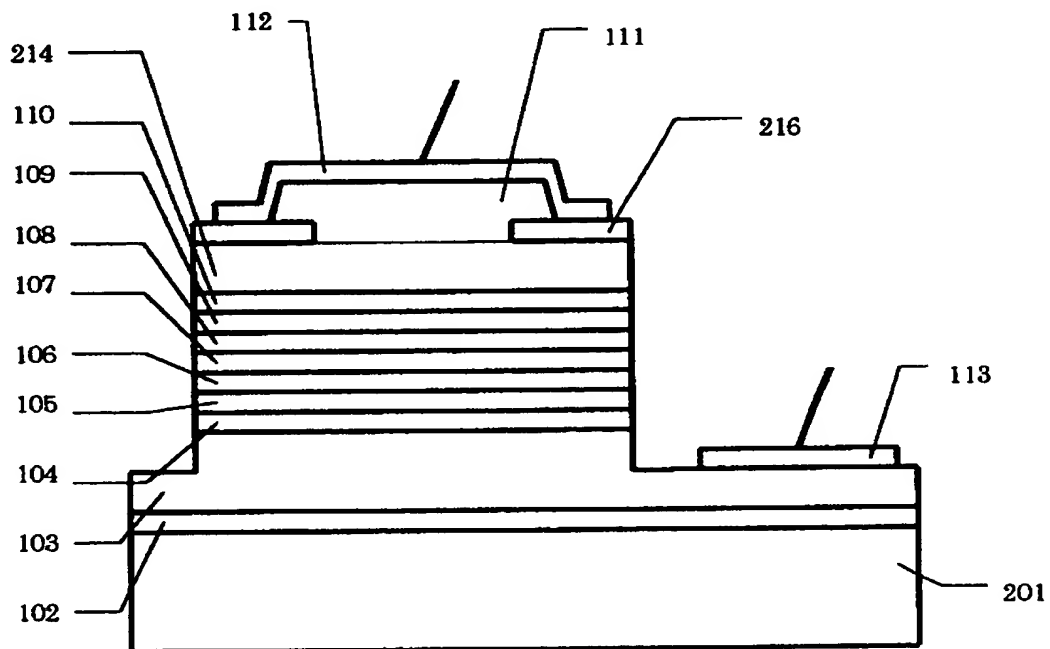
【符号の説明】

- 101 (0001)面を表面とするサファイア基板
- 102 窒化ガリウム低温成長バッファ層
- 103 n型窒化ガリウムコンタクト層
- 104 n型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層
- 105 n型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層
- 106 n型窒化ガリウム光ガイド層
- 107 多重量子井戸構造活性層
- 108 p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層
- 109 p型窒化ガリウム光ガイド層
- 110 p型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層
- 111 p型窒化ガリウムコンタクト層
- 112 ニッケルおよび金からなるp電極
- 113 チタンおよびアルミニウムからなるn電極

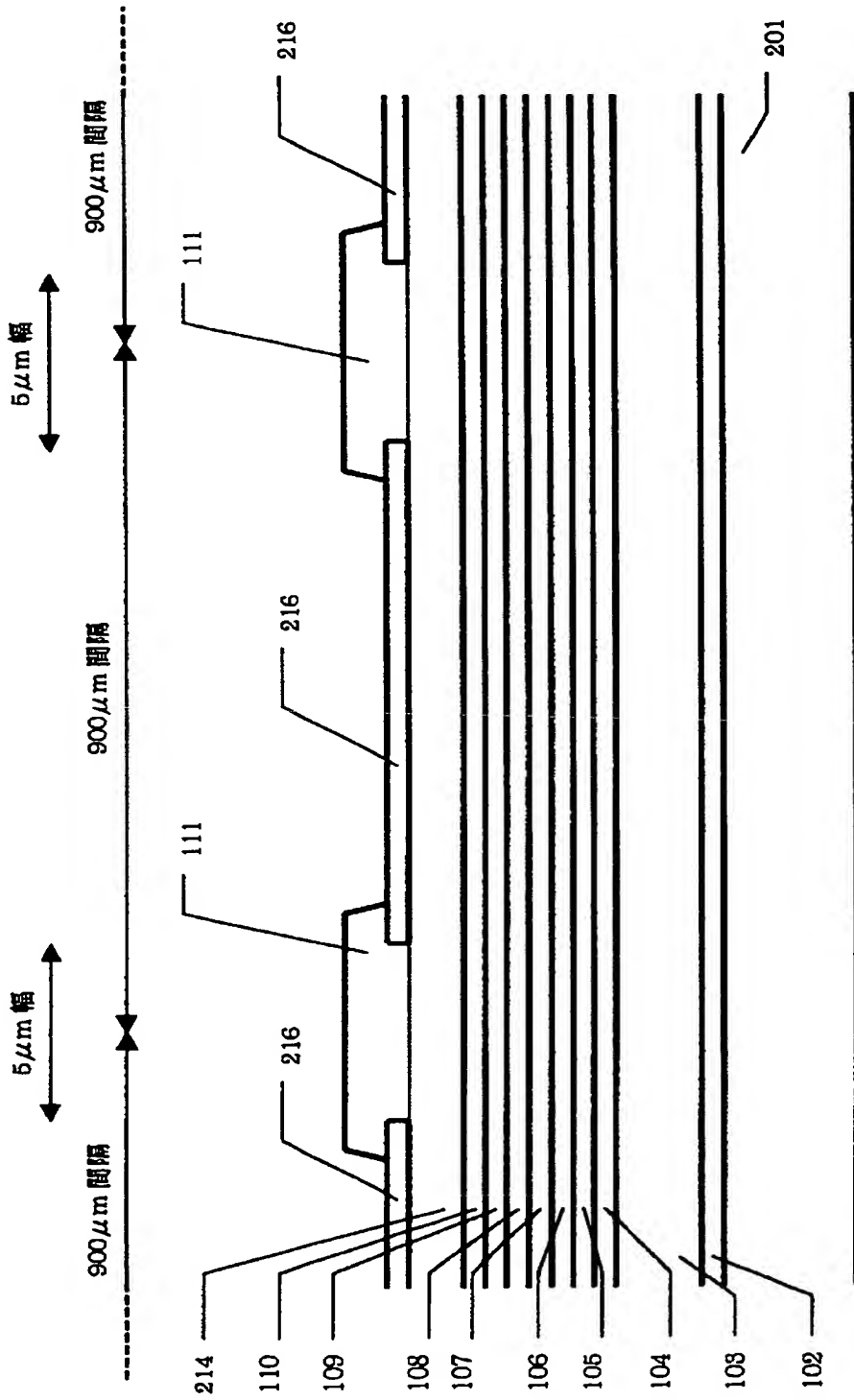
- 116 ダミーのp型窒化ガリウム層
- 201 (11-20)面を表面とするサファイア基板
- 214 p型窒化ガリウム層
- 215 酸化珪素膜
- 215 窒化珪素膜
- 605 n型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層
- 707 多重量子井戸構造活性層
- 710 p型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層

【書類名】 図面

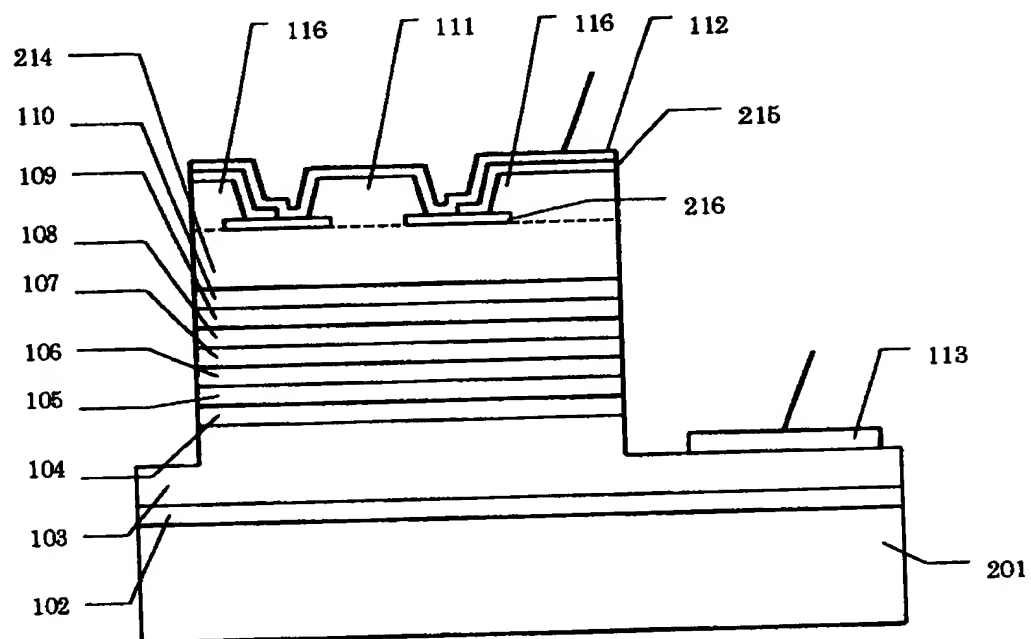
【図1】



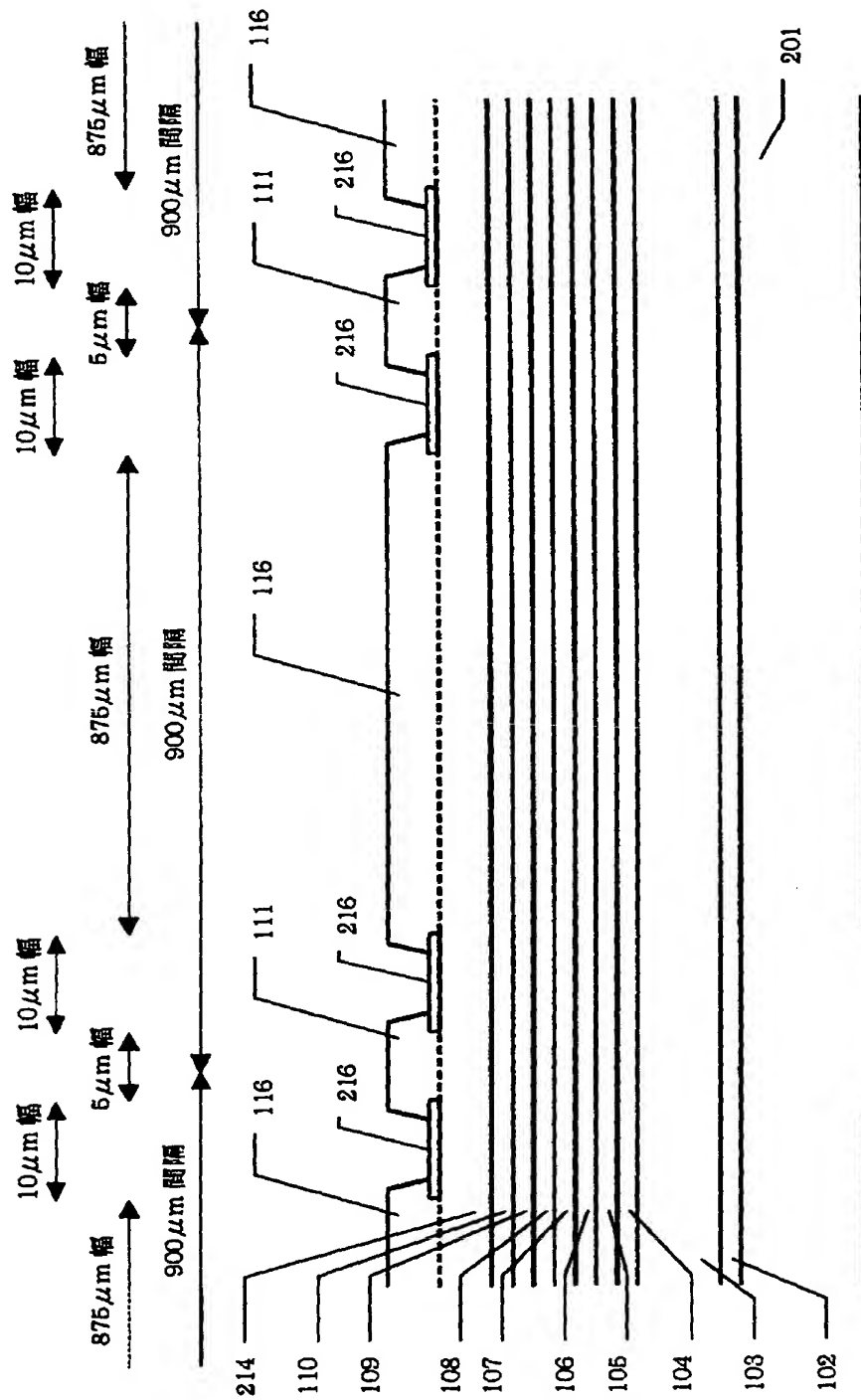
【図2】



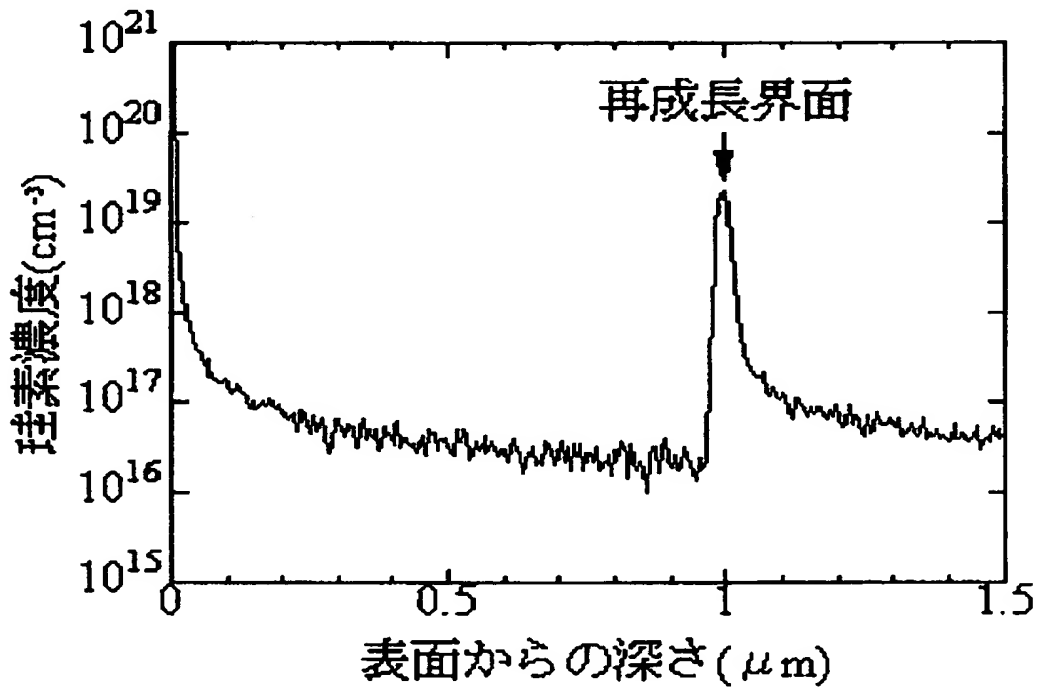
【図3】



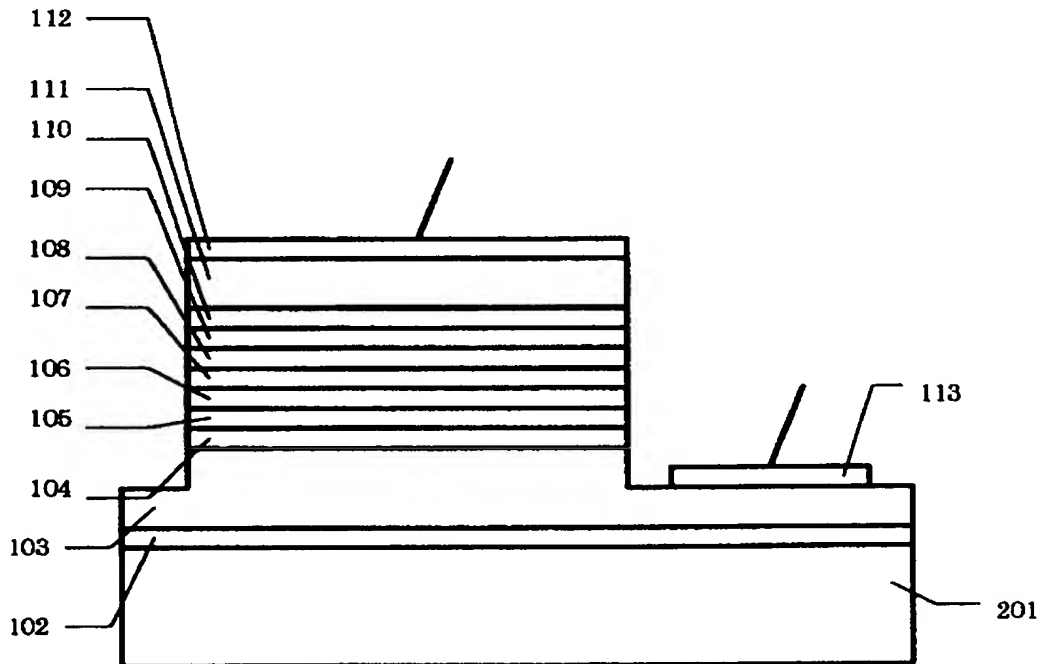
【図4】



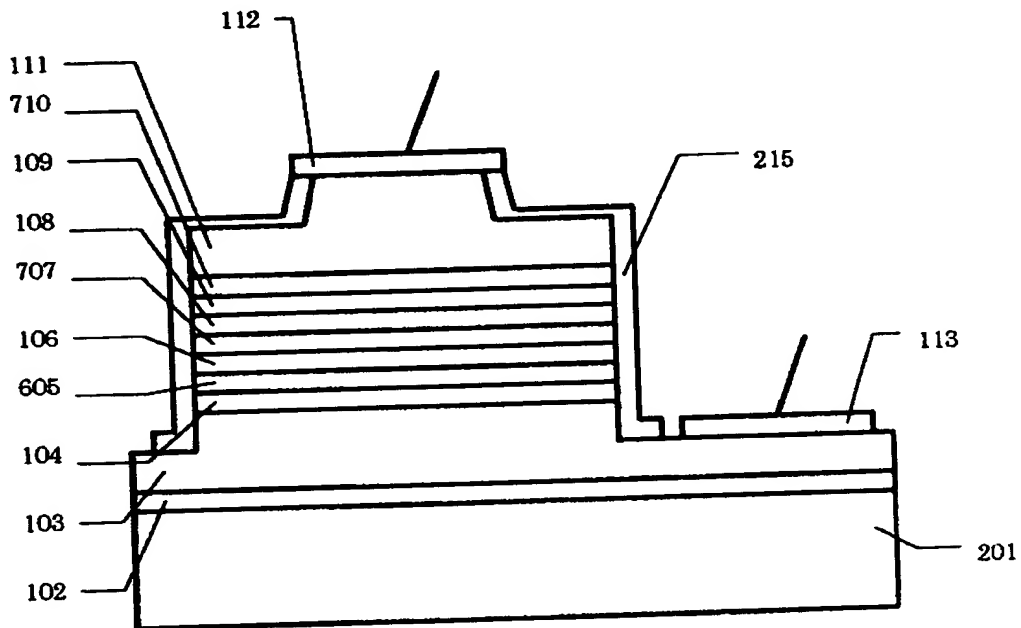
【図5】



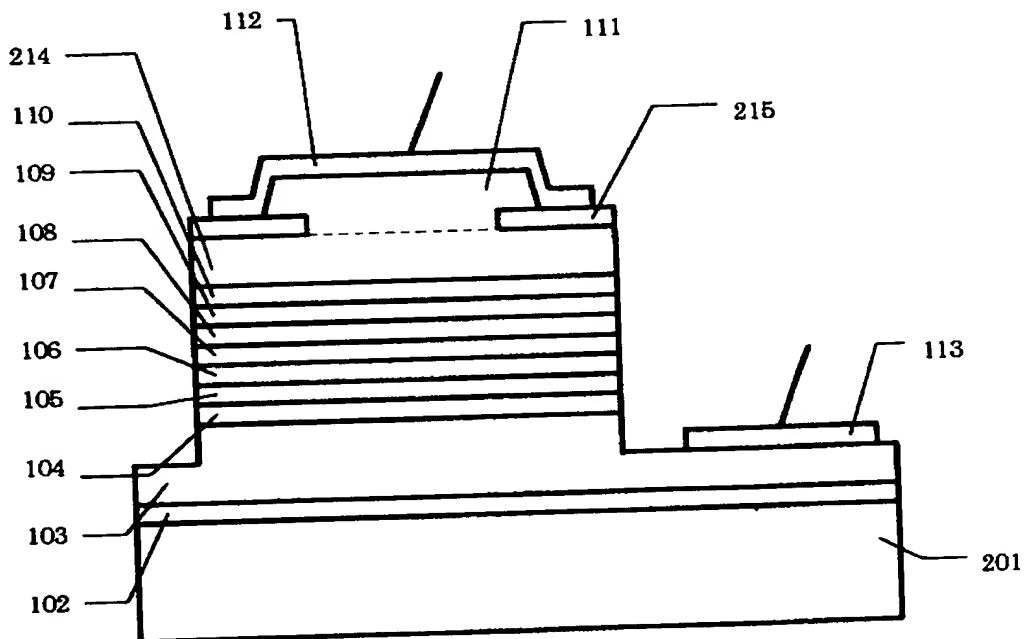
【図6】



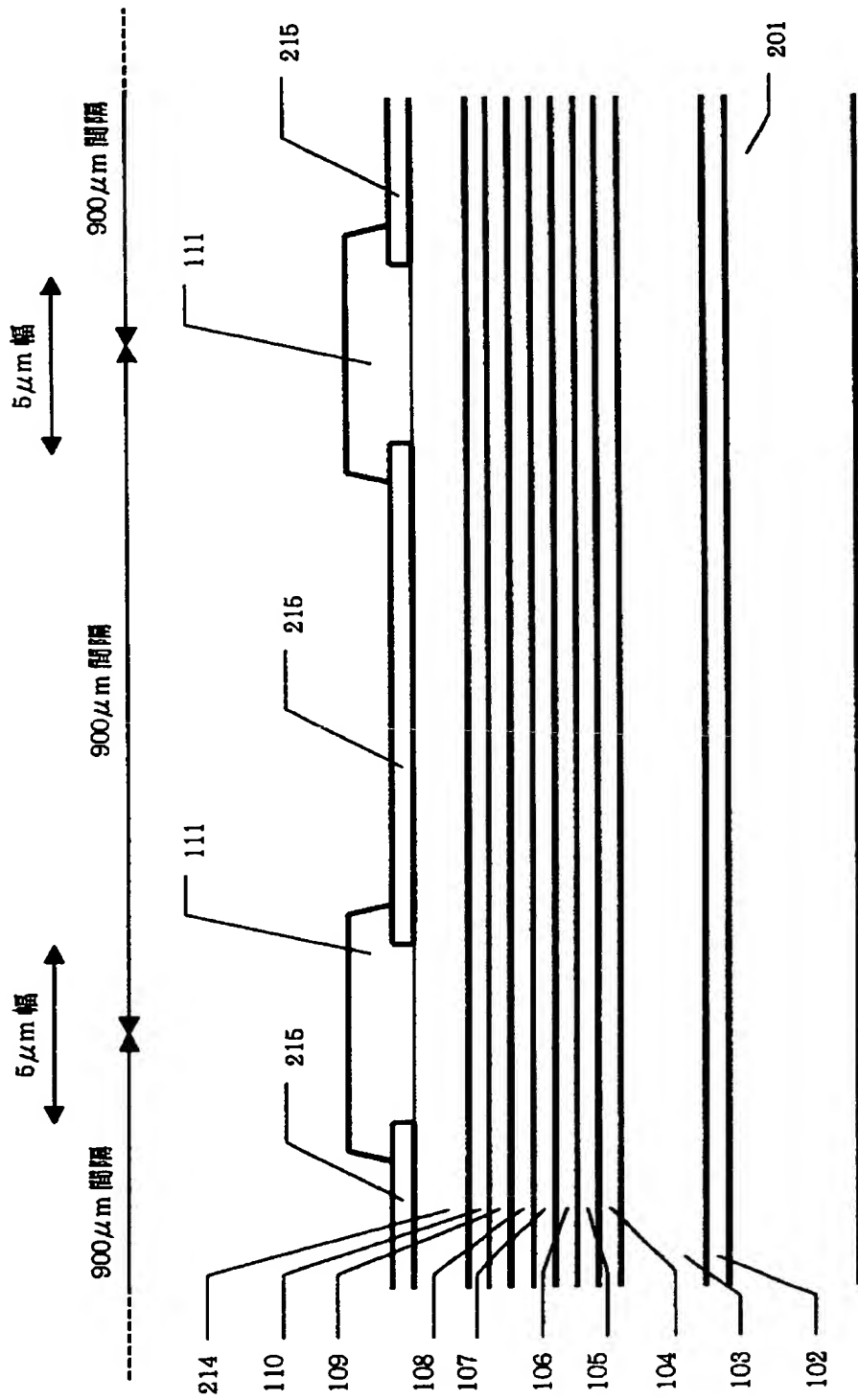
【図 7】



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 選択成長法を用いて電流狭窄構造や基板と水平な方向の光の閉じ込め構造を形成する窒化物系半導体レーザの製造方法に於いて、有機金属化学気相成長法による窒化物系半導体の選択成長の際に、選択成長用マスクとして用いられる酸化珪素膜の分解に起因する再成長界面への珪素の堆積を抑制する。

【解決手段】 窒化珪素膜を選択成長用マスクとして用い、有機金属化学気相成長法による窒化物系半導体の選択成長の際には、窒化物系半導体のV族即ち窒素原料、例えばアンモニア、を供給するため、選択成長用マスクとして用いられる窒化珪素膜の分解は抑制される。

【選択図】 図3

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000004237
【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号
【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100082935
【住所又は居所】 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内
【氏名又は名称】 京本 直樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100082924
【住所又は居所】 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内
【氏名又は名称】 福田 修一

【選任した代理人】

【識別番号】 100085268
【住所又は居所】 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内
【氏名又は名称】 河合 信明

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社